

**Международный семинар  
по применению детонации в силовых установках  
3-5 сентября 2012 г., Г. Цукуба, Япония**

**РЕШЕНИЕ КОНФЕРЕНЦИИ**

**Каковы на сегодня важнейшие научно-технические достижения в изучении и практическом применении управляемой детонации?**

- За последние 10 лет научные исследования в области управляемой детонации значительно продвинулись вперед.
  - a. Огромный прогресс в численном моделировании детонации: трехмерные расчеты, моделирование систем с отдельной подачей топливных компонентов (**Центр ИДГ(РФ)**)
  - b. Достижение долговременной непрерывной работы демонстратора детонационного ракетного двигателя (ДРД) в течение 20 сек (**Р&W, США**)
  - c. Большой прогресс в понимании физики рабочего процесса в ДРД (**РФ, США, Япония, Франция, Китай, Корея**)
- Впервые разработано и испытано импульсно-детонационное горелочное устройство на природном газе (**Центр ИДГ(РФ)**).
- Активно развиваются практические разработки малогабаритных импульсно-детонационных двигателей (ИДД) (**Центр ИДГ(РФ), JAXA (Япония), US AF (США)**)
- Клапанные ИДД для атмосферных и космических полетов.
- ИДД для промышленного применения (горелки, нанесение покрытий, очистка котлов от накипи и др.).

**Каковы дальнейшие шаги? Что нам до сих пор непонятно? Какие явления нам следует изучать? Что еще следует доказать? Куда надо вкладывать деньги?**

**Существуют ли в этой науке белые пятна?**

- Взаимодействие между детонационной камерой сгорания (ИДД или ДРД) и турбиной
  - a. Основное внимание на эффективность турбины
  - b. Характеристики двигателя в компоновке с входным и выходным устройством: каковы основные источники потерь и в чем преимущества детонации перед дефлаграцией?**
- Материалы.
  - a. Каково поведение материалов при продолжительной работе двигателя?
  - b. Какие требования необходимо предъявлять к материалам в практических детонационных двигателях?
- Необходимо продолжать НИР и НИОКР по ИДД (включая промышленные приложения).
- **Необходимо продолжать полномасштабное численное моделирование рабочего процесса в ИДД и ДРД, а также экспериментальные работы для проверки численных результатов.**
- Необходимо совершенствовать средства и методы диагностики быстропротекающих детонационных процессов.
  - a. Необходимо развивать математические модели физико-химических процессов при детонации.
  - b. Необходимо повышать предсказательную силу моделей ИДД и ДРД.
- Необходимо развивать простые аналитические модели рабочего процесса в ИДД и ДРД.

- **Необходимо включить в численный счет вопросы теплового состояния стенок двигателей.**
  - a. Существующие модели теплообмена не всегда корректны (существенно неустановившийся теплообмен).
  - b. Необходимы фундаментальные исследования неустановившегося теплообмена в сильно сжимаемых реагирующих течениях.
- **Необходимы более совершенные модели молекулярного и турбулентного смешения.**
- **Необходимы более совершенные модели химических превращений в детонационных волнах.**
  - a. Необходимо моделировать не только скорость энерговыделения, но и тонкие химико-кинетические эффекты.
  - b. Быстрые реакции, многостадийное окисление и др.
- **Необходимо получить адекватные оценки тяговых характеристик ИДД и ДРД**
  - a. Почему в литературе имеется большой разброс тяговых характеристик?
  - b. Почему получаются такие разные результаты для удельного импульса?
- **Необходимо определить влияние граничных условий на результаты численных расчетов и понять, какие граничные условия приводят к правильному результату.**
- **Необходимо проводить количественное, а не только качественное сравнение результатов расчетов и экспериментов.**
- **Необходимо больше внимания уделять моделированию двухфазной детонации в ИДД и ДРД, отдавая предпочтение практическим топливам.**
- **Как решить проблему потерь полного давления в смесительной головке ДРД?**
- **Необходимо незамедлительно приступить к внедрению новых технологий управляемого детонационного горения в практику.**
  - a. Необходимо определиться со всеми недостатками и достоинствами детонационного горения.
  - b. Необходимо доказать, что новая технология лучше (более эффективная, легче, компактнее и др.)
    - i. Надо определиться, как сравнивать разные технологии.
    - ii. Необходимо разработать эталон для такого сравнения.
    - iii. Необходимы эталонные эксперименты.
  - c. Какие промышленные приложения новой технологии наиболее показательны?

#### Каковы наши дальнейшие цели?

- **Провести корректное сравнение между существующими двигательными установками и установками нового поколения.**
  - a. **Разработать и испытать реальный двигатель, демонстрирующий преимущества управляемого детонационного горения.**
    - i. Этот двигатель не может быть разработан коллективно международным сообществом (двойное назначение); многие вещи будут делаться независимо.
    - ii. **Необходимо доказать преимущества детонационного цикла для всего человечества.**
- **Сконцентрироваться на проблемах фундаментального характера и на диагностике быстропротекающих процессов.**
- **Понять, существуют ли такие практические задачи, которые можно решить только с помощью новой технологии.**